

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 2 6 日
Date of Application:

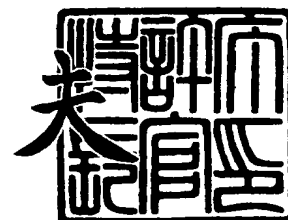
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 8 5 2 8 1
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 8 5 2 8 1]

出 願 人 株式会社半導体先端テクノロジーズ
Applicant(s):

2 0 0 4 年 1 月 2 3 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願

【整理番号】 02PF028A

【提出日】 平成15年 3月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県つくば市小野川 1 6 番地 1 株式会社半導体先端
テクノロジーズ内

【氏名】 渡邊 晋生

【特許出願人】

【識別番号】 597114926

【氏名又は名称】 株式会社半導体先端テクノロジーズ

【代理人】

【識別番号】 100082175

【弁理士】

【氏名又は名称】 高田 守

【電話番号】 03-5379-3088

【選任した代理人】

【識別番号】 100106150

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 英樹

【電話番号】 03-5379-3088

【選任した代理人】

【識別番号】 100117695

【弁理士】

【氏名又は名称】 大塚 環

【電話番号】 03-5379-3088

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 049397

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0214704

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 フォトマスク、フレア測定機構、フレア測定方法、及び、露光方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 露光光を透過する材料からなる基板に、前記露光光を遮光する材料を用いて遮光部分を設けることによりパターンを形成したフォトマスクであって、

前記パターンは、

前記基板の中央部分に、所定の間隔をあけて形成された複数本のラインパターンを含む中央パターン部と、

前記中央パターン部の外側を囲み、前記基板の外周部付近に形成された周辺パターン部と、

を備えることを特徴とするフォトマスク。

【請求項 2】 前記ラインパターンの線幅は、パターンの転写に用いる露光装置の露光光の波長を λ とし、投影レンズの開口数をNAとする場合、 λ/NA 以上であることを特徴とする請求項 1 に記載のフォトマスク。

【請求項 3】 前記ラインパターンは、その長さが、 $10\mu m$ 以上であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のフォトマスク。

【請求項 4】 前記ラインパターンは、その本数が 9 本であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載のフォトマスク。

【請求項 5】 前記フォトマスクは、更に、遮光部分の形成されていない開口部を備え、

前記開口部は、前記中央パターン部の外側を囲むように配置され、

前記周辺パターン部は、前記開口部の外側を囲むように配置されることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載のフォトマスク。

【請求項 6】 前記基板と同一の基板に、前記中央パターン部を同一にして、前記開口部及び前記周辺パターン部の幅とを変化させて形成した複数のフォトマスクを用いて、同一条件下で、前記各フォトマスクのパターンを転写した場合に、前記各ラインパターンが転写された各パターンの各線幅が、前記開口部の幅

を限界値以上大きく変化させても、ほぼ一定となるとした場合、

前記開口部は、前記限界値以上の幅を有することを特徴とする請求項 5 に記載のフォトマスク。

【請求項 7】 基板の中央部分に第 1 のラインパターンを形成した第 1 の中央パターン部と、前記第 1 の中央パターン部の外側を囲むように形成された第 1 の周辺パターン部と、を備える第 1 のフォトマスクと、

基板の中央部分に、前記第 1 の中央パターン部と同じ形状に第 2 のラインパターンを形成した第 2 の中央パターン部と、前記第 2 の中央パターン部の外側を囲むように形成された第 2 の周辺パターン部とを備え、前記第 2 の中央パターン部と、前記第 2 の周辺パターン部との距離が、前記第 1 の中央パターン部と、前記第 1 の周辺パターン部との距離とは異なる距離を有する第 2 のフォトマスクと、

前記第 1、第 2 のフォトマスク上の各パターンを、それぞれ転写し、転写された前記第 1、第 2 のラインパターン部分の各線幅を測定し、この測定した前記第 1 のラインパターン部分に対応するパターンの線幅と、前記第 2 のラインパターン部分に対応するパターンの線幅との差を算出することにより、フレア率を測定する算出手段と、

を備えることを特徴とするフレア測定機構。

【請求項 8】 前記基板と同一の基板に、前記第 1 又は第 2 の中央パターン部と同一の中央パターン部を形成し、前記中央パターン部の外側を囲む周辺パターン部を、前記中央パターン部との距離を変化させて形成した複数のフォトマスクを用いて、同一条件下で、前記各フォトマスクのパターンを転写した場合に、前記各中央パターンのラインパターンが転写された各パターンの各線幅が、前記距離をそれ以上大きく変化させても、ほぼ一定となる場合の前記距離を限界値とした場合、

前記第 2 のフォトマスクの、前記第 2 の中央パターンと前記第 2 の周辺パターンとの距離は、前記限界値以上の長さを有することを特徴とする請求項 7 に記載のフレア測定機構。

【請求項 9】 前記第 1 及び前記第 2 のラインパターンの線幅は、パターンの転写に用いる露光装置の露光光の波長を λ とし、投影レンズの開口数を NA と

すると、 λ/NA 以上であることを特徴とする請求項7または8に記載のフレア測定機構。

【請求項10】 前記第1及び前記第2のラインパターンの線長は、10 μ m以上であることを特徴とする請求項7から9のいずれかに記載のフレア測定機構。

【請求項11】 前記第1及び前記第2のラインパターンの線の本数は、9本以上であることを特徴とする請求項7から10のいずれかに記載のフレア測定機構。

【請求項12】 前記算出手段は、前記測定手段による線幅の測定結果を元に、各線幅差を求め、この結果に基づいてフレア率を換算する換算表であることを特徴とする請求項7から11のいずれかに記載のフレア測定機構。

【請求項13】 基板の中央に形成された第1のラインパターンを有する第1の中央パターン部と、前記第1の中央パターン部の周囲に形成された第1の周辺パターン部とを含む第1のパターンを備える第1のフォトマスクの前記第1のパターンを基板に転写する第1のパターン転写工程と、

基板の中央に形成され、前記第1のラインパターンと同様の第2のラインパターンを有する第2の中央パターン部と、前記第2の中央パターン部の周囲に形成された第2の周辺パターン部とを含む第2のパターンを備え、前記第2の中央パターン部と、前記第2の周辺パターン部との間の距離が、前記第1の中央パターン部と、前記第1の周辺パターン部との間の距離とは異なる第2のフォトマスクの、前記第2のパターンを基板に転写する第2のパターン転写工程と、

前記第1のパターン転写工程において、被加工基板に転写された前記第1のラインパターンの線幅を測定する第1の線幅測定工程と、

前記第2のパターン転写工程において、被加工基板に転写された前記第2のラインパターンの線幅を測定する第2の線幅測定工程と、

前記第1の線幅測定工程において測定した線幅と、前記第2の線幅測定工程において測定した線幅との差を求めることにより、フレア率を算出する算出工程と、

を備えることを特徴とするフレア測定方法。

【請求項 14】 前記基板と同一の基板に、前記第 1 又は第 2 の中央パターン部を同一の中央パターン部を形成し、前記中央パターン部の外側を囲む周辺パターン部を、前記中央パターン部との距離を変化させて形成した複数のフォトマスクを用いて、同一条件下で、前記各フォトマスクのパターンを転写した場合に、前記各中央パターンのラインパターンが転写された各パターンの各線幅が、前記距離をそれ以上大きく変化させても、ほぼ一定となる場合の前記距離を限界値とした場合、

前記第 2 のフォトマスクの、前記第 2 の中央パターンと前記第 2 の周辺パターンとの距離は、前記限界値以上の長さを有することを特徴とする請求項 13 に記載のフレア測定方法。

【請求項 15】 前記第 1 及び第 2 のラインパターンは、その線幅が、転写に用いる露光光の波長を λ とし、転写に用いる投影レンズの開口数を NA としたとき、 λ/NA 以上であることを特徴とする請求項 13 または 14 に記載のフレア測定方法。

【請求項 16】 前記第 1 及び第 2 のラインパターンは、その線長が、10 μm 以上であることを特徴とする請求項 13 から 15 のいずれかに記載のフレア測定方法。

【請求項 17】 前記第 1 及び前記第 2 のラインパターンは、そのライン本数が、9 本であることを特徴とする請求項 13 から 16 のいずれかに記載のフレア測定方法。

【請求項 18】 前記フレア率の算出は、前記線幅の差からデータに基づいて算出することを特徴とする請求項 13 から 17 のいずれかに記載のフレア測定方法。

【請求項 19】 前記第 1 及び第 2 のパターンの転写は、1 枚のウェーハの異なる場所に行うことを特徴とする請求項 13 から 18 のいずれかに記載のフレア測定方法。

【請求項 20】 フレア率を入力するフレア率入力工程と、
前記フレア率から、そのフレア率における、フレア率 0% を基準とする線幅差を求める線幅差算出工程と、

前記線幅差から、補正露光量を算出する補正露光量算出工程と、
前記補正露光量に基づき露光量を制御して露光を行う露光工程と、
を備えることを特徴とする露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、フォトマスク、フレア測定機構、フレア測定方法、及び、露光方法に関する。更に具体的には、半導体製造工程において用いる露光装置の投影レンズの収差に起因するフレアを測定するために用いるフォトマスク及びこれを用いたフレア測定機構、フレア測定方法、並びに、露光方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

一般に半導体装置の製造においては、種々の場面でリソグラフィ工程によるパターン転写が行われている。この工程では、所望のパターンの形成されたフォトマスクに、露光光源からの光を照射し、これを投影レンズ内で収束した後、収束された光がウェーハ上に照射される。これにより、ウェーハ上のレジストが感光される。ここで用いたレジストがポジ型の場合には、現像の際、露光された領域が部分的に溶解して除去される。このようにしてウェーハ上にマスクパターンの転写が行われる。

【0003】

ところで、露光の際、露光光の透過する投影レンズの微細な凹凸や散乱した光が原因となり、フレアが発生する場合がある。フレアは、素子パターンの形成に重要な役割をもたらす露光光のコントラストを劣化させ、半導体ウェーハの微細パターンの露光マージンを低下させたり、微細パターンの劣化をもたらしたりする場合がある。

【0004】

従って、露光前に、マスクパターン毎に予めフレアの測定を行い、このフレアの測定により、露光において、フレアの及ぼす影響を補正することが試みられている。

【0005】

図16は、従来のフレアの測定に用いられるフォトマスクを説明するための断面図であり、図17は、このフォトマスクの上面図である。また、図18は、従来のフォトマスクを用いた露光において、露光量を変化させた場合に、転写されるレジストパターン形状の変化の推移を表す上面模式図である。

【0006】

一般に、フレア率を算出する場合には、K i r k 法（ボックスインボックス法）により定義されるフレア率の算出方法が用いられている。以下、図16～図18を用いて、K i r k 法によりフレア率の測定について説明する。

【0007】

図16、図17に示すように、K i r k 法によるフレア測定に用いられるフォトマスクは、一般のフォトマスクと同様に、露光光に対して透明な基板に、クロムなどの遮光膜によりパターンを形成することにより構成されている。フォトマスク300のマスキレイアウトは、以下のように構成される。即ち、透明基板302の中央部付近に、四角形の中央遮光部304が形成され、その外側に、中央遮光部304を囲むようにして、遮光膜の形成されていない部分である開口部306が形成されている。また、この開口部306の外側、透明基板302表面の外周部分に、開口部306を囲むようにして、周辺遮光部308が形成されている。

【0008】

フレア率の測定の際には、フォトマスク300を用いて、パターンの転写を行うが、このとき、露光量を変化させて、パターンの転写を行う。

例えば、図18（a）は、通常の露光量による転写パターンであり、この状態から、露光量を増加させると、フレアの影響により、次第に、フォトレジストの感光量が増加し、図18（b）に示すように、フォトレジストが除去される量が大きくなる。更に、露光量を増加させると、ウェーハ上に形成される中央遮光部304に対する転写パターン314は、次第に小さくなり、最終的には、図18（c）に示すように、中央遮光部304の転写パターン314は消滅してしまう。

【0009】

ここで、通常の露光量で、通常的设计どおりにパターンが転写される場合、即ち図18(a)の場合の露光量をXとし、図18(c)に示すように、中央遮光部304に対する転写パターン314が消滅する場合の露光量をYとすると、Kirk法によるフレア率は、次式(1)のように定義される。

$$\text{フレア率}(\%) = X/Y \times 100(\%) \quad \dots (1)$$

【0010】

即ち、Kirk法では、フレアは、中央遮光部304に対するフォトレジストのパターンが除去されたときの露光量に対する、遮光部304、308に対するフォトレジストのパターンを適切に残し、透明領域のフォトマスクレジストがすべて除去されたときの露光量の割合により定義される。これは、露光装置に搭載される投影レンズのフレアが大きいほど、マスクレイアウト中心の中央遮光部304のレジストパターンが除去されやすい現象を応用して定義したものである。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上述のようにKirk法を用いる場合、開口部306の幅がある程度小さくなると、中央遮光部分のレジストが消滅しなくなってしまう。従って、近年の、微細化の進むパターン形成の露光において、開口部の狭いパターンに対するフレア率の測定は、Kirk法では、困難となる。

【0012】

また、微細パターンに対応し、露光の際に、F₂エキシマレーザを用いることが検討されているが、従来の石英(SiO₂)からなる投影レンズでは、F₂レーザ光に対して、十分な透過率を得ることができない。従って、投影レンズとしては、蛍石(CaF₂)を用いたものの使用が考えられる。しかし、蛍石(CaF₂)からなる投影レンズは、その材料による特性として、複屈折による屈折率の不均一性や、レンズ表面のラフネスが大きい。従って、投影レンズ材料として、蛍石(CaF₂)を用いる場合、従来の石英(SiO₂)のレンズに比べて、フレアが、大きくなってしまう。また、そのフレアも、原因別にいくつかの成分に分けられ、複雑となっている。

【0013】

ここで、発生するフレアのうち、特に、マスクを透過した光が投影レンズの屈折率の不均一性によって数 μm ～数十 μm 離れたウェーハ上の露光パターンに対して寸法変動を引き起こす要因と、本来投影レンズがもっている波面収差（デフォーカス、ディストーションを含む非点、コマ、球面などのレチクルや、通過した露光回折光がレンズなどの各種の膜の透過によって生じる位相のずれ）とからなるフレアのことをローカルフレアと称する。従来のKirk法によって、ローカルフレアを測定することは困難である。

【0014】

従って、この発明は、微細なパターンに対応し、開口部分が小さな場合にも、より正確にフレア率、特に、ローカルフレア率を測定することができるよう改良したフォトマスク及びフレア率測定機構及びフレア率測定方法を提案するものである。

【0015】

【課題を解決するための手段】

従って、この発明におけるフォトマスクは、露光光を透過する材料からなる基板に、前記露光光を遮光する材料を用いて遮光部分を設けることによりパターンを形成したフォトマスクであって、

前記パターンは、

前記基板の中央部分に、所定の間隔をあけて形成された複数本のラインパターンを含む中央パターン部と、

前記中央パターン部の外側を囲み、前記基板の外周部付近に形成された周辺パターン部と、

を備えるものである。

【0016】

また、この発明のフレア測定機構は、基板の中央部分に第1のラインパターンを形成した第1の中央パターン部と、前記第1の中央パターン部の外側を囲むように形成された第1の周辺パターン部と、を備える第1のフォトマスクと、

基板の中央部分に、前記第1の中央パターン部と同じ形状に第2のラインパタ

ーンを形成した第2の中央パターン部と、前記第2の中央パターン部の外側を囲むように形成された第2の周辺パターン部とを備え、前記第2の中央パターン部と、前記第2の周辺パターン部との距離が、前記第1の中央パターン部と、前記第1の周辺パターン部との距離とは異なる距離を有する第2のフォトマスクと、

前記第1、第2のフォトマスク上の各パターンを、それぞれ転写し、転写された前記第1、第2のラインパターン部分の各線幅を測定し、この測定した前記第1のラインパターン部分に対応するパターンの線幅と、前記第2のラインパターン部分に対応するパターンの線幅との差を算出することにより、フレア率を測定する算出手段と、

を備えるものである。

【0017】

また、この発明のフレア測定方法は、基板の中央に形成された第1のラインパターンを有する第1の中央パターン部と、前記第1の中央パターン部の周囲に形成された第1の周辺パターン部とを含む第1のパターンを備える第1のフォトマスクの前記第1のパターンを基板に転写する第1のパターン転写工程と、

基板の中央に形成され、前記第1のラインパターンと同様の第2のラインパターンを有する第2の中央パターン部と、前記第2の中央パターン部の周囲に形成された第2の周辺パターン部とを含む第2のパターンを備え、前記第2の中央パターン部と、前記第2の周辺パターン部との間の距離が、前記第1の中央パターン部と、前記第1の周辺パターン部との間の距離とは異なる第2のフォトマスクの、前記第2のパターンを基板に転写する第2のパターン転写工程と、

前記第1のパターン転写工程において、被加工基板に転写された前記第1のラインパターンの線幅を測定する第1の線幅測定工程と、

前記第2のパターン転写工程において、被加工基板に転写された前記第2のラインパターンの線幅を測定する第2の線幅測定工程と、

前記第1の線幅測定工程において測定した線幅と、前記第2の線幅測定工程において測定した線幅との差を求めることにより、フレア率を算出する算出工程と、

を備えるものである。

【0018】

また、この発明の露光方法は、フレア率を入力するフレア率入力工程と、
前記フレア率から、そのフレア率における、フレア率0%を基準とする線幅差
を求める線幅差算出工程と、
前記線幅差から、補正露光量を算出する補正露光量算出工程と、
前記補正露光量に基づき露光量を制御して露光を行う露光工程と、
を備えるものである。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下図面を参照して、この発明の実施の形態について説明する。なお、各図において、同一または相当する部分には同一符号を付してその説明を省略ないし簡略化する。

【0020】

実施の形態1.

図1は、この発明の実施の形態1におけるフォトマスク100を説明するための断面模式図であり、図2は、フォトマスク100の上面模式図である。

図1に示すように、フォトマスク100は、基板2と、基板2の中央部分に形成された中央パターン部4、中央パターン部4を囲むように形成された開口部6、更に、開口部6を囲むように形成された周辺パターン部8を含んで構成される。

【0021】

基板2は、露光光として、157.6nmのF₂エキシマレーザ光を用いることを考慮して、これらの光に透過率85%以上を有する石英ガラスにより形成されている。また、基板2は、6インチ角、厚さ0.25インチの大きさを有する。

【0022】

また、中央パターン部4と、周辺パターン部8には、それぞれ、ラインアンドスペース(L/S)パターンが形成されている。中央パターン部4と、周辺パターン部8には、遮光材料によるラインパターン10、12が形成されている。遮

光材料としては、157.6 nmの短波長の光を用いることを考慮して、光学濃度3以上、透過率0.1%以下のクロム（Cr）を用いる。各ラインパターン10、12の膜厚（図1においてはラインパターン10、12の高さ）は、60 nm以上となっている。

【0023】

中央パターン部4に形成されたラインパターン10の線幅は、露光において用いる露光装置の露光光の波長を λ とし、投影レンズの開口数をNAとすると、 λ/NA となるように形成されている。また、ラインパターン10の線長は、10 μ m以上である。更に、ラインパターン10は、中央パターン部4に、平行に、所定の間隔を空けて、合計9本並べられている。

【0024】

開口部6は、遮光部の形成されていない基板2のみの部分である。フレア測定の際には、この開口部の幅 d_6 の異なるフォトマスクを2種類準備して用いる。従って、周辺パターン部8の幅も、開口部の幅 d_6 に伴って、フォトマスク毎に異なるものとなる。また、周辺パターン部8のラインパターン12の線幅は、中央パターン部4のラインパターン10の線幅と同じ、 λ/NA である。

【0025】

図3は、この発明の実施の形態1におけるフォトマスク100の製造方法を説明するためのフロー図である。また、図4～図7は、フォトマスク100の各製造工程における状態を説明するための断面模式図である。

以下、図3～図7を用いてフォトマスク100の製造方法について説明する。

【0026】

まず、図4に示すように、基板2の上に、クロム膜20を形成し（ステップS2）、更に、クロム膜20の上に、電子線レジスト膜22を形成する（ステップS4）。ここで、クロム膜20は、ピンホール欠陥等の発生を防止するため、膜厚60 nm以上になるように形成する。また、電子線レジスト膜22としては、ポジ型のレジストを用いる。

【0027】

次に、図5に示すように、電子ビーム描画と、現像工程により、電子線レジス

ト膜 22 に、それぞれ、ラインパターン 10、12 に対応するように、レジストパターン 24、26 を形成する（ステップ S6）。ここでは、まず、電子線レジスト膜 22 に、レジスト解像に必要な電荷量に設定した電子ビーム描画を行う。電子線レジスト膜 22 は、ポジ型であるから、クロム膜 20 がラインパターンとして残る部分は未描画であり、中央パターン部 4 と、周辺パターン部 8 とのスペースパターン部分と、開口部 6 とに電子ビームが描画される。

【0028】

次に、レジストパターン 26 をマスクとして、クロム膜 20 のエッチングを行う（ステップ S8）。ここでは、平行平板型反応性イオンエッチング（RIE）法を適用する。クロム膜 20 に対しては、エッチングガスは、 CCl_4 （テトラクロロメタン）と、 O_2 （酸素）、あるいは、 CH_2Cl_2 （ジクロロメタン）とを、流量比率 1：3 に制御して適用する。エッチングの際の、基板 2 と、クロム膜 20 とのエッチング選択比は十分に確保され、かつ、電子線レジストのドライエッチング耐性は、十分である。従って、レジストパターン 26 は、エッチングに対する保護膜となり、図 6 に示すように、レジストパターン 26 に覆われていない部分においてのみ、クロム膜 20 がエッチングされる。

【0029】

次に、レジストパターン 26 を剥離する（ステップ S10）。剥離液としては、硫酸と、過酸化水素水とを 3：1 の比率で混ぜた混合液が用いられる。この際、露出している基板 2 と、クロム膜 20 とのエッチング耐性は、十分に確保されている。

以上のようにして、図 1、2 に示すようなパターンの形成されたフォトマスク 100 が形成される。

【0030】

図 7 は、この発明の実施の形態 1 において用いる露光装置 200 を説明するための概念図である。

図 7 に示すように、この実施の形態 1 で用いる露光装置 200 は、従来の一般的な露光装置と同じものである。具体的には、露光装置 200 には、露光光源 30 と、露光光源からの光を受ける投影レンズ 32 と、投影レンズにより所定の倍

率に縮小された光を受けるように、レジストの塗布されたウェーハ 34 が載置されている。また、この露光装置の投影レンズの収差等によるローカルフレア率を測定する場合には、上述したフォトマスク 100 が、露光装置 200 内にフォトマスクとしてセットされる。

【0031】

露光装置 200 を用いた場合、露光光源 30 から発射された露光光が、フォトマスク 100 を透過する。このとき、フォトマスク 100 のうち、ラインパターン 10、12 の形成されていない部分のみが、フォトマスク 100 を透過する。この透過光は、投影レンズ 32 に入射して収束され、この収束された光が、ウェーハ 34 上で結像し、ウェーハ 34 上のレジストを感光させる。この感光したレジスト部分を除去してレジストパターンが形成される。

【0032】

ところで、上述のようにして転写される中央パターン部 4 のラインパターン 10 に対応するマスクパターンのライン幅について比較する。

図 8 は、開口部 6 の長さ d_6 に対して、ラインパターン 10 が転写されたパターンの線幅を表すグラフ図である。

図 8 に示すように、開口部 6 の長さ d_6 が小さい時には、ラインパターン 10 は、ほぼ設計通りの理想の線幅で転写される。しかし、開口部 6 の長さ d_6 が大きくなるにつれて、転写されたパターンの線幅は、小さくなり、設計どおりの線幅との差は大きくなる。更に、開口部の長さ d_6 がある程度長くなると、それ以上は開口部 6 が大きくなっても、線幅差は、一定となる。

【0033】

この実施の形態 1 では、これを利用してフレア率を定義する。即ち、開口部 6 の大きさが大きくなるほど、フレアの影響が大きくなり、ある程度の大きさになると一定となる。この一定となった状態での転写されたパターンの線幅と、理想状態で転写されたパターンの線幅との線幅差から、フレア率を算出する。

【0034】

図 9 は、この発明の実施の形態 1 におけるフレア率の測定方法を説明するためのフロー図である。また、図 10 は、転写パターンの線幅差と、フレア率との換

算表である。

以下、図9及び図10を用いて、実施の形態1におけるフレア率の測定方法について説明する。

【0035】

フレア率の測定には、2種類の、フレア率測定用のフォトマスクを用いる。第1のフォトマスクは、図1において、開口部6の長さ d_6 がほぼ0であるパターン、即ち、中央パターン部4と、周辺パターン部8とが密接しており、開口部6が実際には形成されていないパターンである。また、第2のフォトマスクは、開口部6の長さ d_6 が、上述のように線幅差の変化のない程度にまで大きい長さを有するフォトマスクである。なお、第1、第2のフォトマスクは、開口部6の大きさと、これに伴う周辺パターン部8の大きさにのみ差異があり、中央パターン部4は、同一の形状を有し、基板2も同じ大きさのものである。

【0036】

まず、第1のフォトマスクを露光装置200にセットし、露光装置200により、ウェーハ34上のレジストの所定領域に、第1のフォトマスクを透過した光を照射して露光を行う（ステップS12）。

次に、第2のフォトマスクを露光装置200にセットし、同様に、露光装置200により、第1のフォトマスクのパターンにより露光したウェーハ34と同一のウェーハの、所定領域とは別の領域に、第2のフォトマスクを透過した光を照射して露光する（ステップS14）。

【0037】

次に、ウェーハ34上のレジストを現像し、第1のフォトマスクのラインパターン10に対応する転写パターンの線幅を測定する。同様に、第2のフォトマスクのラインパターン10に対応する転写パターンの線幅を測定する（ステップS16）。

【0038】

ここで、第1のフォトマスクの転写パターンの線幅は、図8のグラフにおける理想状態の線幅Aとなる。また、第2のフォトマスクの転写パターンの線幅は、線幅差が安定する状態における線幅Bとなる。この両者の線幅差 $A-B$ を求める

。

【0039】

次に、図10に示すような、線幅差から、フレア率を求める換算表を用いて、フレア率の換算を行う（ステップS18）。これにより、フレア率を求めることができる。例えば、線幅差A-Bが、13nmの場合、換算表から、フレア率は、5%となる。

その後、このフレア率から、補正量を算出して調整を行う。

【0040】

なお、このような換算表は、光学シミュレータ等を用いることで、容易に作成することができる。具体的には、以下に説明する通りである。

図11は、線幅と、開口アパーチャの大きさ（以下、シグマとする）との関係を示すグラフである。

光学系の中を透過する光は、光を透過させるべき表面で散乱したり、反射したりすることがあり、その結果、フレアと呼ばれるバックグラウンドの光が生じる。フレア率は、ウェーハに達する光のうち、フレアとなる光の割合を表す値であり、入射強度を基準として表している。即ち、図10は、露光したときに発生するフレアの割合によりレジストの線幅が変化する関係を表している。

【0041】

図10に示すような換算表は、例えば、まず、シミュレーションにより、図11のように、線幅と、シグマとの関係を、各フレア率毎に求める。図10は、この中で、シグマが0.7、フレア率が0%のときの線幅を基準として、各種のフレア率について線幅差を求めて得られた換算表である。即ち、換算表は、ある基準の照明条件とフレア率を0%とを基準とした時の線幅差を示すものである。

【0042】

以上のようにすれば、パターンが微細化し、従来のKirk法では、フレア率の測定を行うことが困難な場合にも、簡単に、投影レンズの高次波面収差に起因するローカルフレア率を求めることができる。更に、フレア率と、線幅差の関係は、1次式で示されているため、換算を容易に行うことができる。

【0043】

なお、実施の形態1において、中央パターン部の、ラインの幅、長さ、あるいは本数を具体的に説明したが、この発明においてはこれに限られるものではない。ラインの幅や、長さ、本数は、パターンを転写した際に、線幅の測定を正確に行うことができる程度の大きさを有するものであればよい。

【0044】

また、フレア率の測定において、開口部6が0である第1のフォトマスクと、一定状態となるのに十分な程度に大きい開口部6とを有する第2のフォトマスクを用いる場合について比較した。これは、このような状態のフォトマスクを用いることが、容易であり、また、基準として明確なためであるが、しかし、この発明はこれに限るものではない。開口部6の長さ d_6 幅が異なる2種類のフォトマスクを用いて線幅を比較することにより、同様の理論からフレア率を測定することができる。この場合には、図10に示すような換算表を別途作成しておく必要がある。

【0045】

また、この発明において、フレア率を測定するために用いる露光装置は、実施の形態1において説明した露光装置200に限るものではない。レンズのフレアの測定が必要な他の種類の露光装置を用いて、この実施の形態1で説明したように、フレア率を求めることにより、その露光装置のフレアの及ぼす影響を補正することができる。

【0046】

また、フォトマスクの材料、すなわち基板2や、ラインパターン形成の材料は、実施の形態1において説明した石英ガラスやクロムに限られるものではない。これらの材料は、露光に用いる波長を考慮して、適切な透明度を有する材料を用いればよい。好適には、基板の材料としては、露光光に対して、透過率80%以上の高いものがよい。また、ラインパターン形成のための遮光部分の材料としては、透過率0.5%以下であるものがよい。また、実施の形態1のように、クロム膜20を用いる場合の原料は、高純度クロム粒子(99.999%)のほか、ヨウ化クロムも用いられる場合がある。しかし、ヨウ化クロムは、高純度クロム粒子に対して、純度の高いクロム膜が得られるが、高価である。また、クロム薄

膜は、光をよく反射するため、転写精度が悪くなる場合がある。従って、クロム膜上に、反射防止膜として、30 nm程度の酸化クロム膜を成膜したものをを用いてもよい。

【0047】

また、実施の形態1では、ウェーハ34のパターンを転写した後、その線幅をはかり、換算表からフレア率を測定する各工程を、それぞれ必要な装置により、あるいは人により、別々に行う場合について説明した。しかし、この発明はこれに限るものではなく、例えば、線幅を測定して、フレア率を測定するシステムや、このフレア率から、自動的に露光装置の露光量を制御するシステムなどを、露光装置内に組み込むことも考えられる。

【0048】

実施の形態2.

図12は、この発明の実施の形態2における露光方法について説明するためのフロー図である。また、図13は、この発明の実施の形態2において用いる露光装置210について説明するための模式図である。図14は、フレア率が0%と5%の時の露光量とレジスト線幅との関係を示すグラフである。また、図15は、フレア率に依存する線幅差と、線幅差を無くするための露光量との関係を示すグラフである。

【0049】

実施の形態2において用いる露光装置210は、実施の形態1で説明したような、一般的な露光装置200と類似するものである。しかし、図14に示すように、露光装置210には、フレア率を入力する入力手段40と、入力されたフレア率から、補正露光量を算出する算出手段42と、この算出結果に応じて、露光量を調節する制御手段44とを備える。

【0050】

また、算出手段42においては、図10に示した換算表のようなデータに基づいて、フレア率から、線幅差を換算することができる。また、図14に示す線幅差と露光量との差に基づいて、算出した線幅差における各フレア率に対する露光量を求めることができる。また、算出手段42は、図14に示すような、フレア

率に対する露光量と線幅差との関係をしめすデータから、図 15 に示すように、入力されたフレア率における、線幅差と、補正露光量との関係のデータ導き出し、ここから、補正露光量の算出をすることができる。

以下、この露光装置 210 を用いた場合の露光方法について図 12 ～図 15 を用いて説明する。

【0051】

まず、入力手段 40 から、露光したいパターンに関するフレア率を入力する（ステップ S202）。ここで入力されるフレア率は、実施の形態 1 において説明したようなマスクを用いて、その露光装置において予め実験により求められたものである。入力されたデータに基づき、算出手段 42 により、線幅差が自動的に計算される（ステップ S204）。例えば、フレア率が 5 % が入力されれば、図 10 に示す換算表のデータに基づき、線幅差 13 nm が自動的に計算される。

【0052】

次に、図 15 に示すようなデータに基づき、算出手段 42 により、線幅差から、補正露光量が自動的に算出される（ステップ S206）。上述の例では、フレア率 5 % で、線幅差が 13 nm であるから、補正露光量は、2.6 mJ が計算される。その後、補正露光量は、制御手段 44 に伝えられ、制御手段 44 は、この補正露光量分、実際の露光量より小さくするよう露光光源 30 を制御する（ステップ S208）。この状態で、露光を行い（ステップ S210）、これによってレジスト線幅を制御して露光を行うことができる。

【0053】

以上のようにすれば、ローカルフレアが存在する場合にも、そのフレア率に応じて適切に露光量を補正して露光を行うことができる。従って、設計に忠実なパターンの転写を行うことができる。

【0054】

なお、実施の形態 2 においては、露光装置に、入力手段 40、算出手段 42、制御手段 44 が設けられている場合について説明したが、この発明においてはこれに限るものではなく、入力結果に応じて、補正露光量を算出して制御できるものであれば、他の露光装置であってもよい。また、算出手段 42 を有さず、図 1

4、15に示すようなグラフから、人により補正露光量を算出して、露光量を調整するものであってもよい。

【0055】

なお、例えば、実施の形態1において、図8における線幅Bに達する時の開口部の長さが、この発明における限界値に該当する。また、例えば、実施の形態1における、開口部の長さが $d_6 = 0$ の第1のフォトマスクと、開口部6の長さがこの限界値である第2のフォトマスクと、図10に示す換算表とにより、この発明のフレア測定機構が実現されている。

【0056】

また、例えば、実施の形態1において、ステップS12、S14を実行することにより、この発明の第1、第2のパターン転写工程が実行され、ステップS16を実行することにより、第1、第2の線幅測定工程が実行され、ステップS18を実行することにより算出工程が実行される。

【0057】

また、例えば、実施の形態2において、ステップS202、S204、S206を実行することにより、それぞれ、この発明におけるフレア率入力工程、線幅差算出工程、補正露光量算出工程が実行され、例えば、ステップS208、S210を実行することにより、露光工程が実行される。

【0058】

【発明の効果】

以上説明したように、この発明によれば、開口部の大きさの異なる2つのフォトマスクを用いて、それぞれの転写されたラインパターンの線幅を計り、その差を求めることにより、容易にフレア率を測定することができる。従って、パターンが微細化し、開口部の小さなパターンを形成する場合でも、微細化したパターンに対応する局所的なフレア率を、より正確に測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1におけるフォトマスクを説明するための断面模式図である。

【図2】 この発明の実施の形態1におけるフォトマスクを説明するための

上面模式図である。

【図 3】 この発明の実施の形態 1 におけるフォトマスクの製造方法を説明するためのフロー図である。

【図 4】 この発明の実施の形態 1 におけるフォトマスクの各製造工程における状態を説明するための断面模式図である。

【図 5】 この発明の実施の形態 1 におけるフォトマスクの各製造工程における状態を説明するための断面模式図である。

【図 6】 この発明の実施の形態 1 におけるフォトマスクの各製造工程における状態を説明するための断面模式図である。

【図 7】 この発明の実施の形態 1 において用いる露光装置を説明するための概念図である。

【図 8】 この発明の実施の形態 1 におけるフォトマスクの開口部の大きさと、転写されたパターンの線幅との関係を説明するためのグラフ図である。

【図 9】 この発明の実施の形態 1 におけるフレア率の測定方法を説明するためのフロー図である。

【図 10】 ラインパターンの線幅差と、フレア率の関係を示す換算表である。

【図 11】 線幅と、開口アパーチャの大きさ（以下、シグマとする）との関係を示すグラフである。

【図 12】 この発明の実施の形態 2 における露光方法について説明するためのフロー図である。

【図 13】 この発明の実施の形態 2 において用いる露光装置について説明するための模式図である。

【図 14】 フレア率が 0 % と 5 % の時の露光量とレジスト線幅との関係を示すグラフである。

【図 15】 フレア率に依存する線幅差と、線幅差を無くするための露光量との関係を示すグラフである。

【図 16】 従来のフレア率測定に用いるフォトマスクを説明するための断面模式図である。

【図 17】 従来のフレア率測定に用いるフォトマスクを説明するための上面模式図である。

【図 18】 従来のフレア率の測定方法について説明するための上面模式図である。

【符号の説明】

100, 300 フォトマスク

200、210 露光装置

2 基板

4 中央パターン部

6 開口部

8 周辺パターン部

10 ラインパターン

12 ラインパターン

20 クロム膜

22 電子線レジスト膜

24 レジストパターン

26 レジストパターン

30 露光光源

32 投影レンズ

34 ウェーハ

40 入力手段

42 算出手段

44 制御手段

302 基板

304 中央遮光部

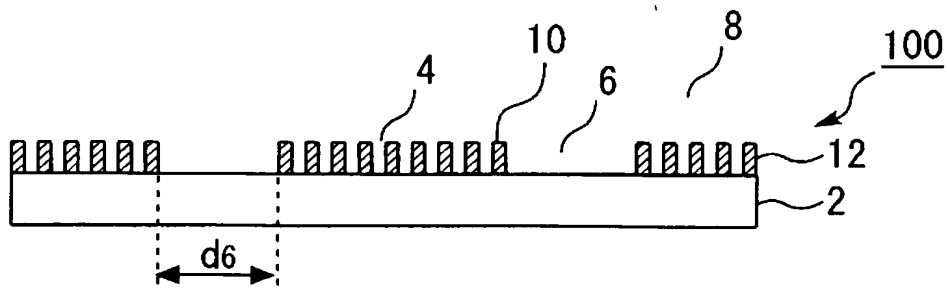
306 開口部

308 周辺遮光部

【書類名】

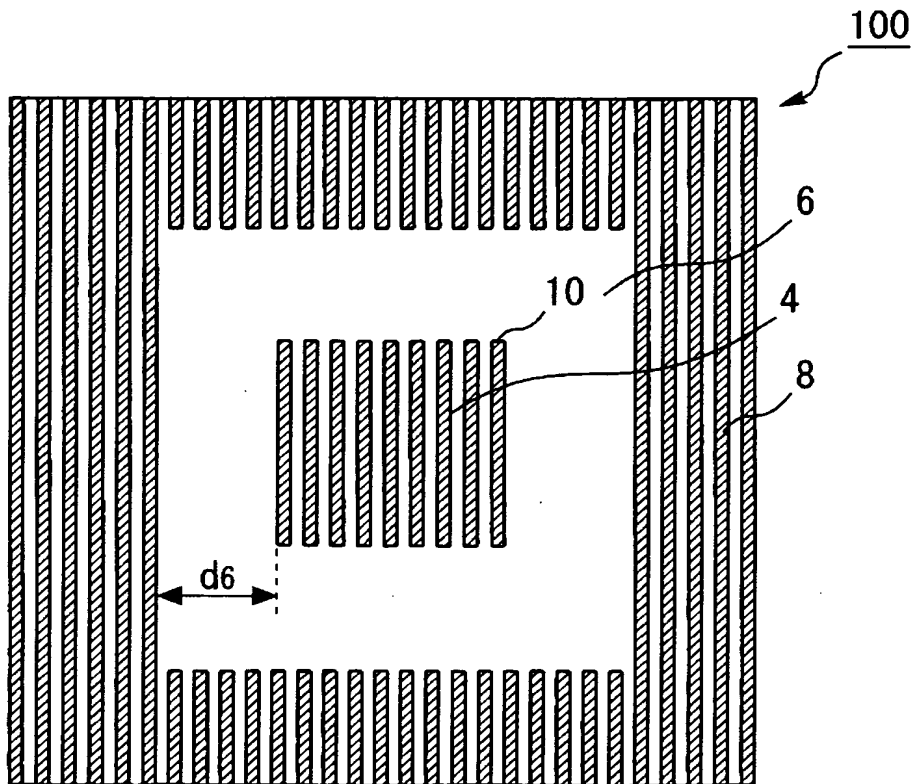
図面

【図 1】

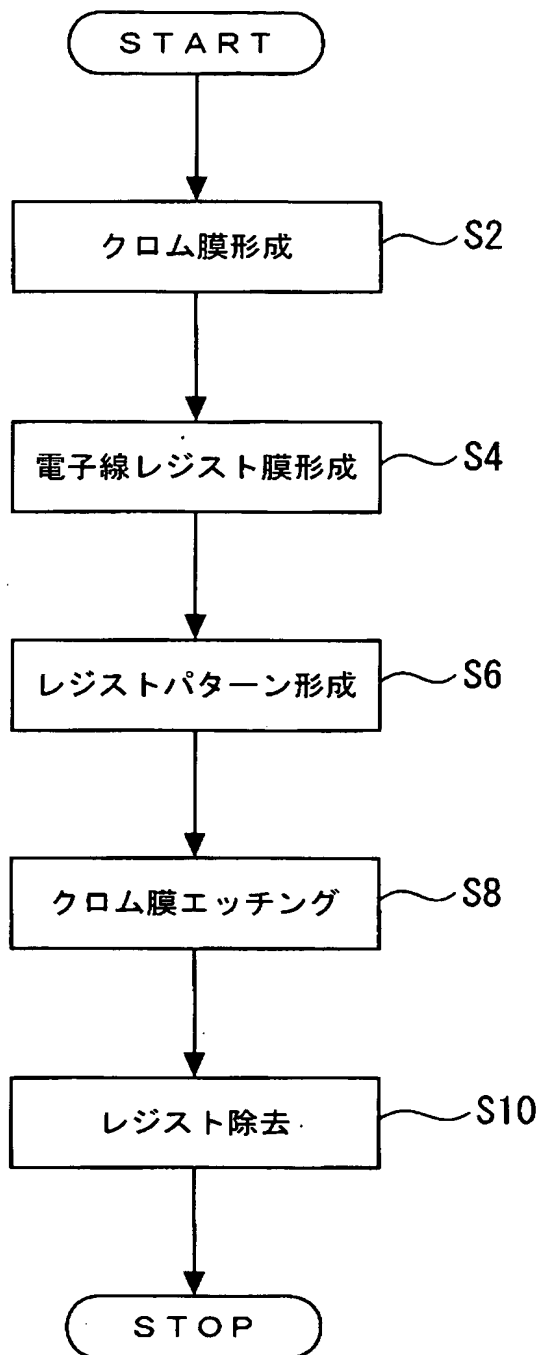


2: 基板
4: 中央パターン部
6: 開口部
8: 周辺パターン部
10: ラインパターン
12: ラインパターン
100: フォトマスク

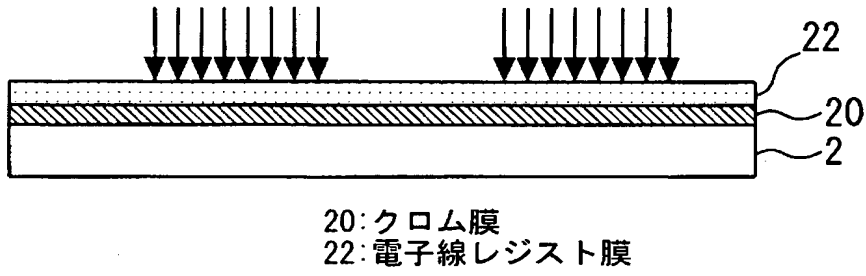
【図 2】



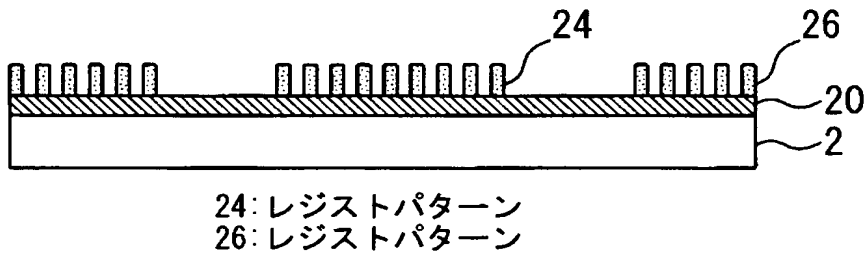
【図 3】



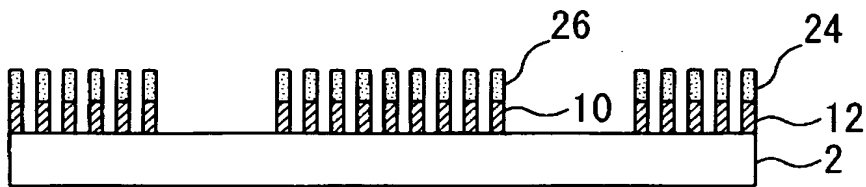
【図 4】



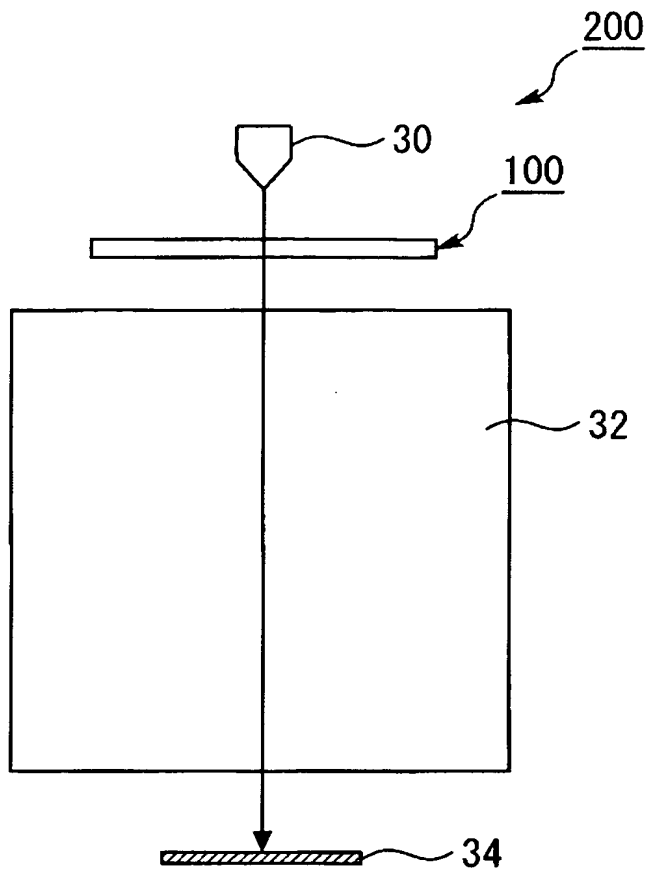
【図 5】



【図 6】

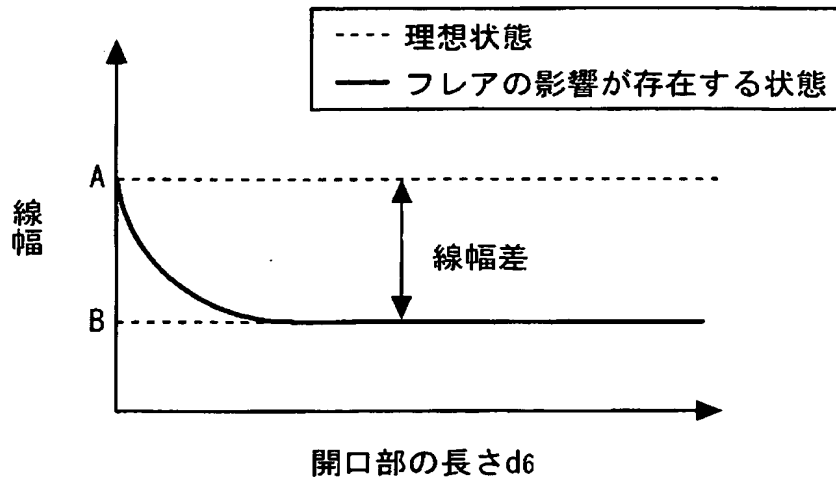


【図 7】

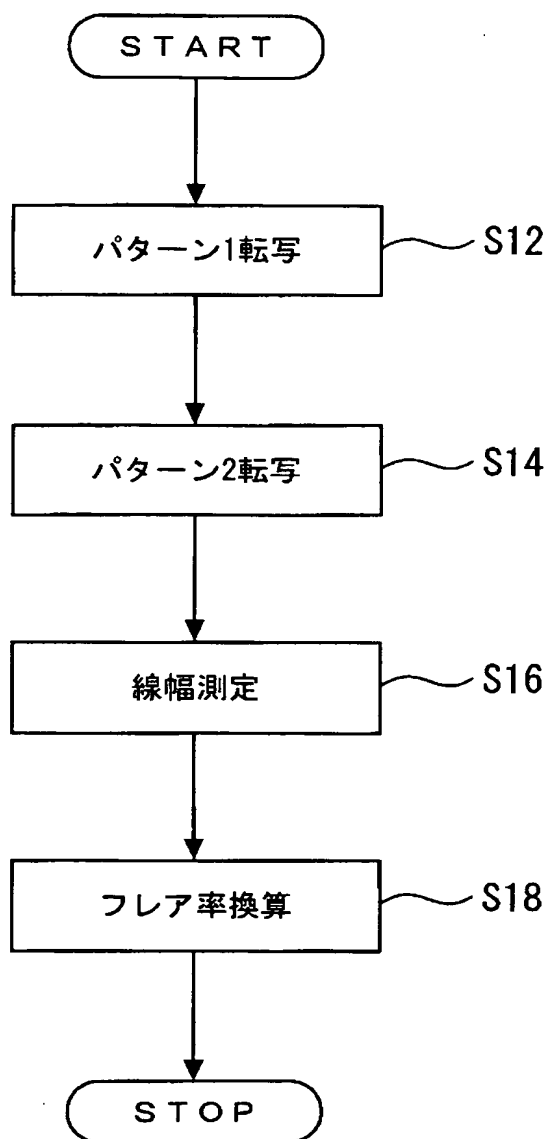


30: 露光光源
32: 投影レンズ
34: ウェーハ
200: 露光装置

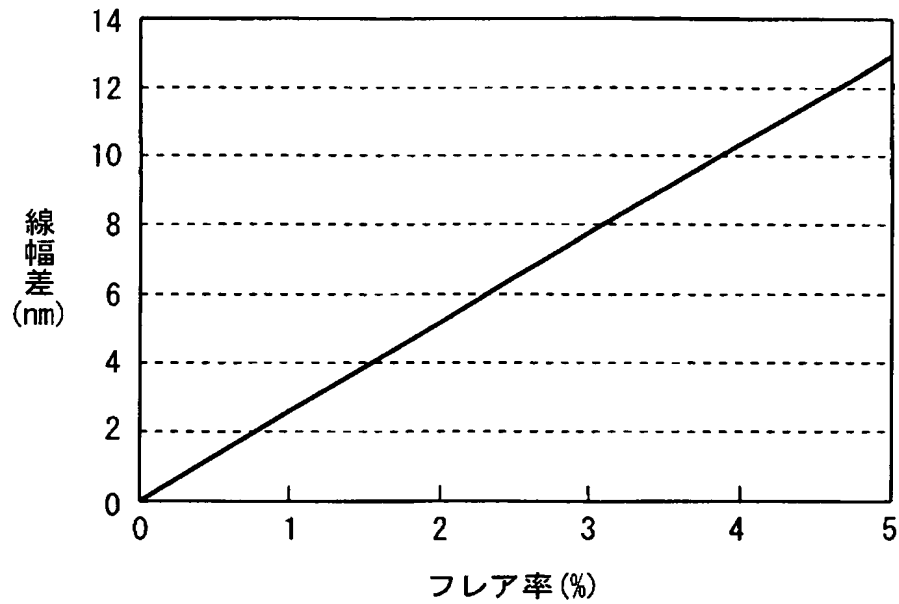
【図 8】



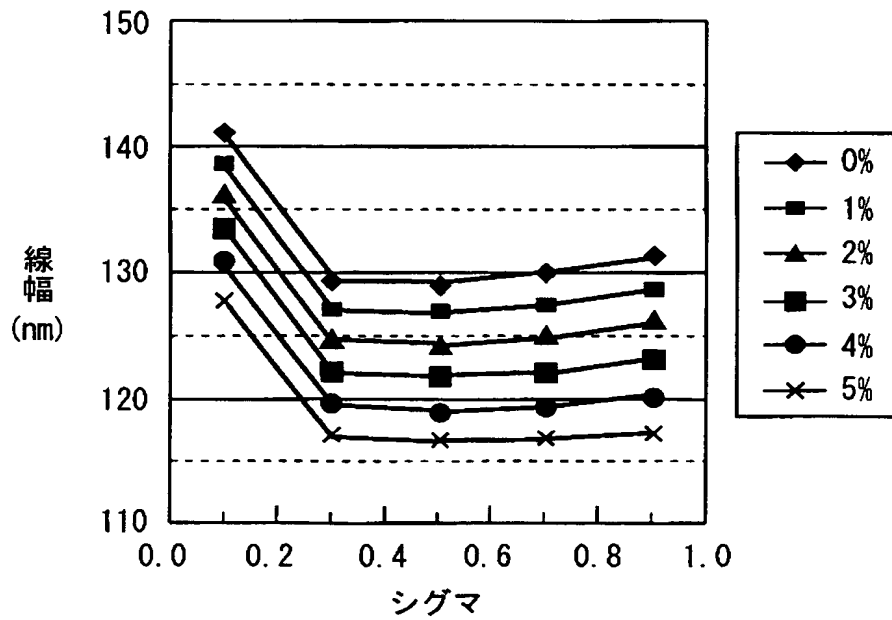
【図 9】



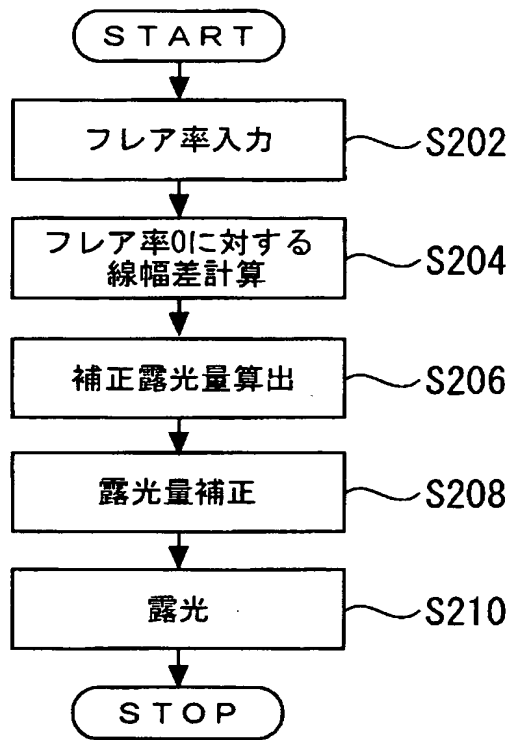
【図 10】



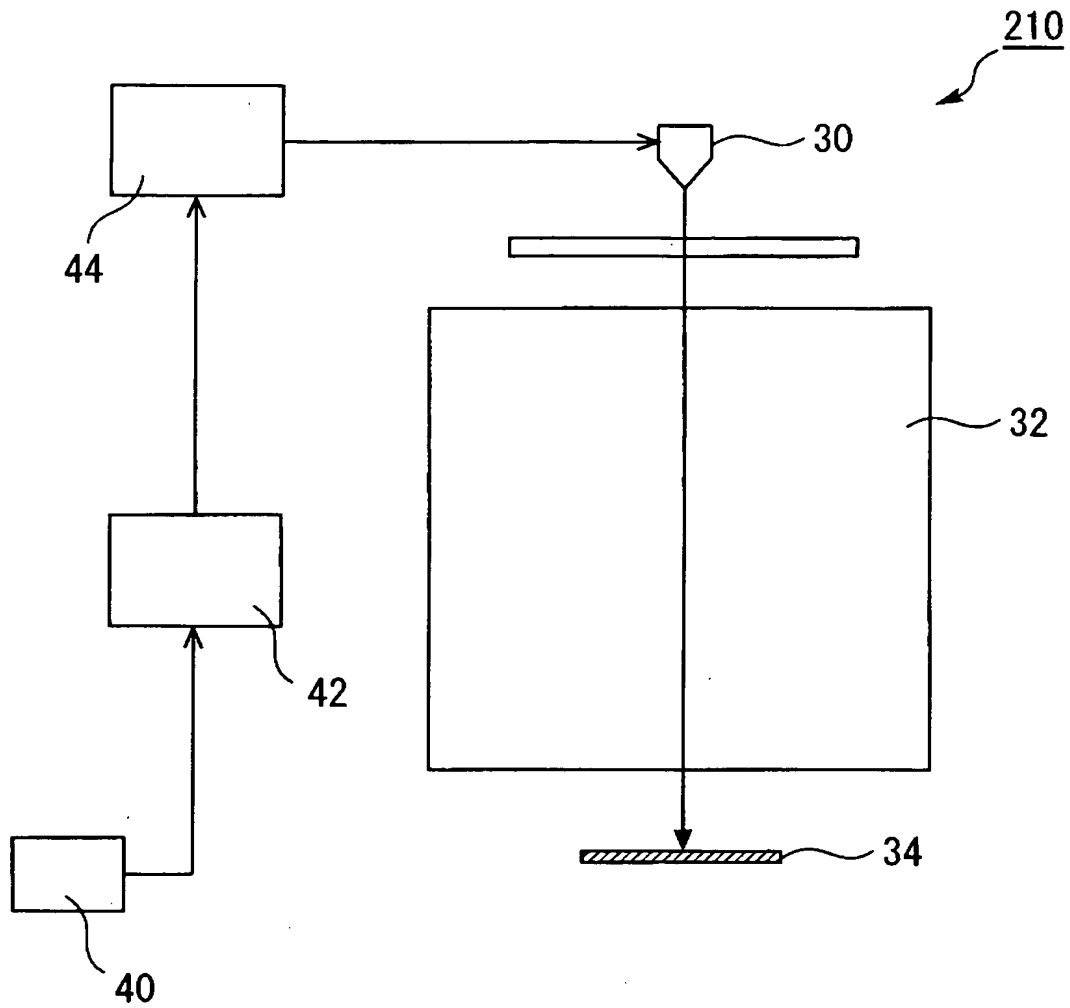
【図 11】



【図12】

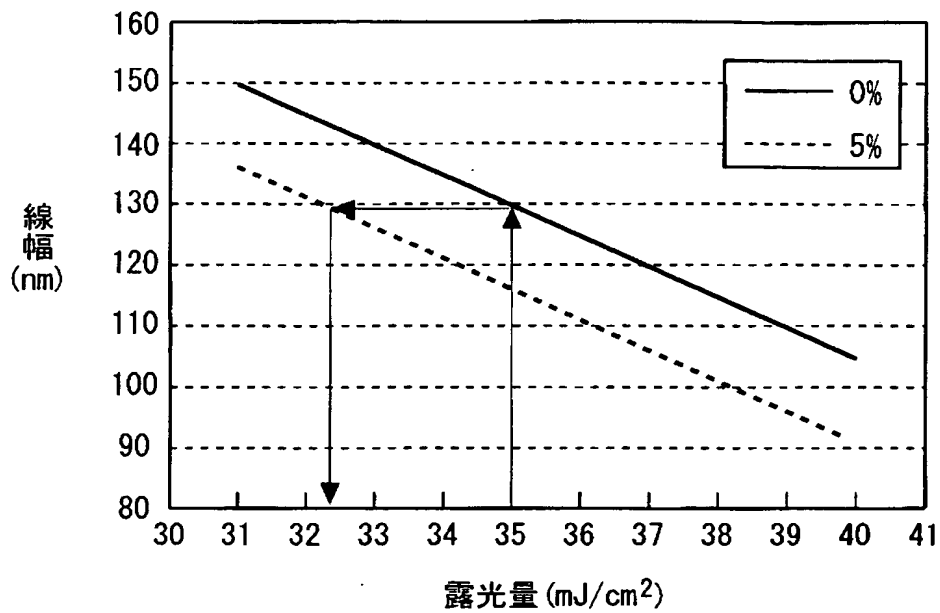


【図 13】

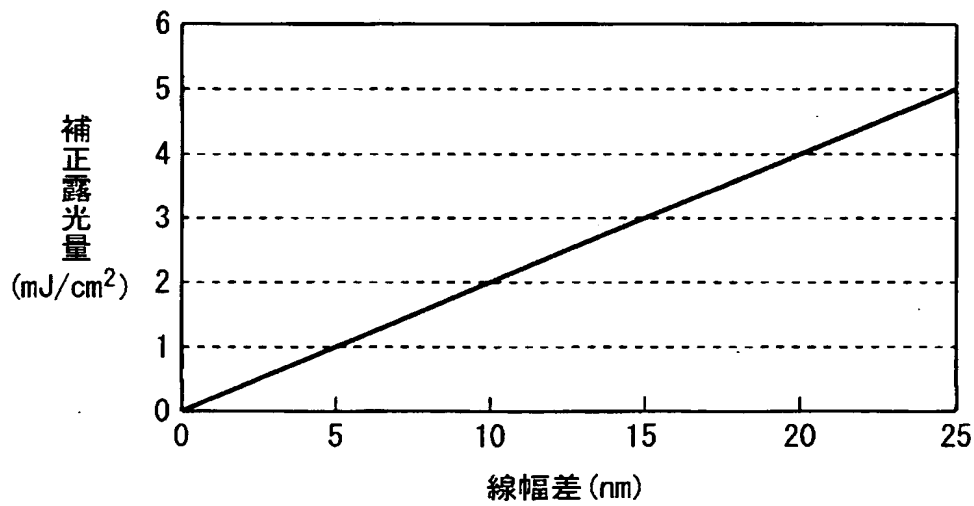


40: 入力手段
 42: 算出手段
 44: 制御手段
 210: 露光装置

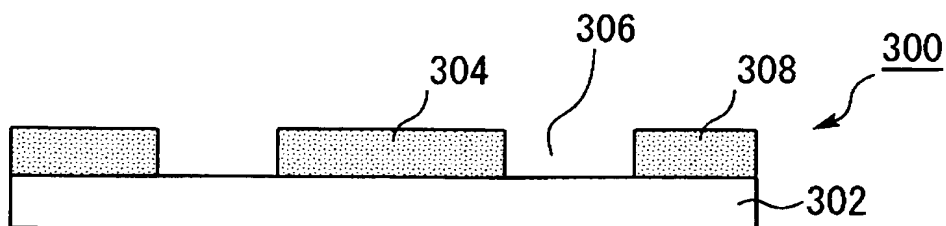
【図 14】



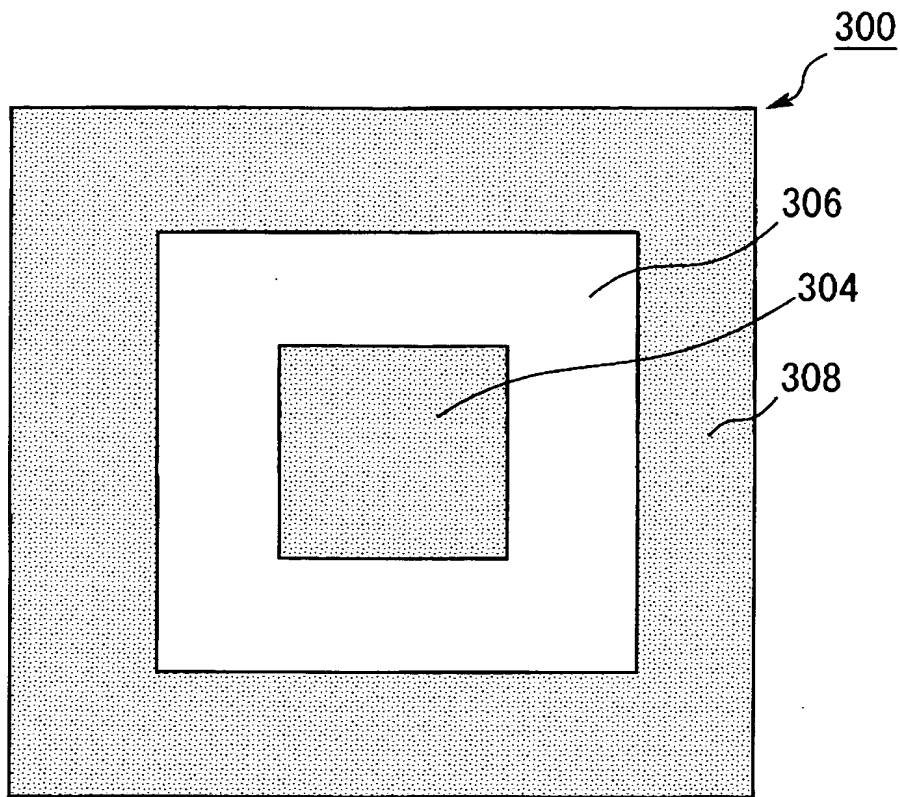
【図 15】



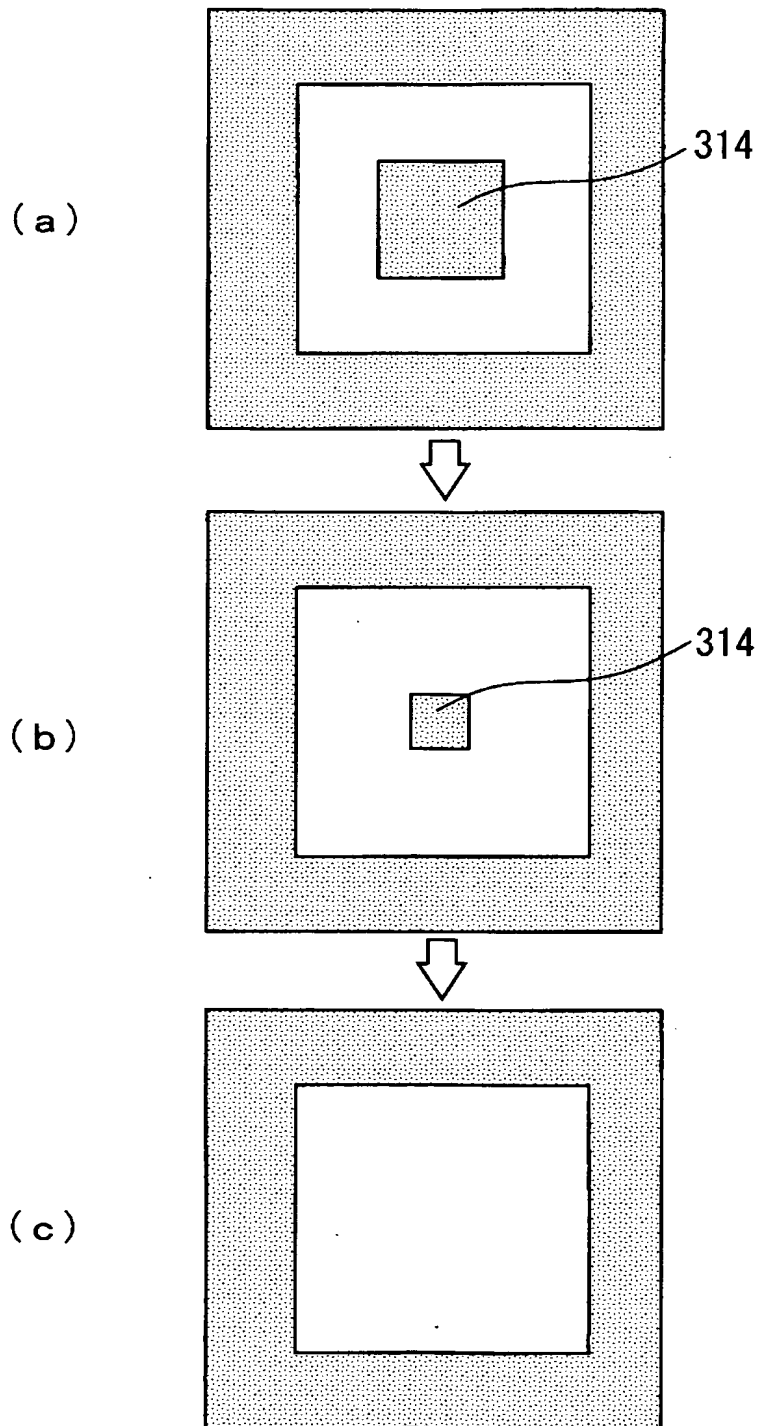
【図 16】



【図 17】



【図 18】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高次波面収差に起因する投影レンズの局所的なフレア率を測定する。

【解決手段】 基板の中央に形成されたラインパターンを有する同一の中央パターン部と、この中央パターン部の周囲に形成された周辺パターン部とを含むパターンを備え、互いに、中央パターン部と、周辺パターン部との間の距離が異なる 2 種類のフォトマスク上のパターンを、それぞれ、ウェーハに転写する。その後、それぞれのフォトマスクのラインパターンに対応する転写パターンの各線幅を測定する。この各線幅の差を求め、線幅差から、フレア率を算出する。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 3 - 0 8 5 2 8 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 9 7 1 1 4 9 2 6]

1. 変更年月日

2 0 0 2 年 4 月 1 0 日

[変更理由]

住所変更

住 所

茨城県つくば市小野川 1 6 番地 1

氏 名

株式会社半導体先端テクノロジーズ